

广播电视中心和台、站电气设备大修、
交接和预防性试验常用方法

目 录

| | |
|---------------------------------------|---------|
| 1. 试验条件 | (336) |
| 1.1 环境条件 | (336) |
| 1.2 电源条件 | (336) |
| 1.3 试验仪表 | (336) |
| 1.4 一般规定 | (337) |
| 2 绝缘试验 | (337) |
| 2.1 绝缘电阻试验 | (337) |
| 2.2 泄漏电流和直流耐压试验 | (338) |
| 2.3 介质损失角试验 | (340) |
| 2.4 交流耐压试验 | (341) |
| 2.5 绝缘油耐压试验 | (342) |
| 2.6 安全用具和操作工具试验 | (342) |
| 3. 设备试验 | (343) |
| 3.1 变压器空载试验 | (343) |
| 3.2 变压器短路试验 | (346) |
| 3.3 变压器变比试验 | (347) |
| 3.4 直流电阻试验 | (350) |
| 3.5 互感器误差试验 | (351) |
| 3.6 电力电容器电容量试验 | (353) |
| 附录A (补充件) ZC-8型接地电阻测量仪测量接地电阻的方法 | (355) |
| 附录B (补充件) 高压开关合闸、脱扣机构基本要求 | (356) |
| 附录C (参考件) 绕组组别和极性判别方法 | (358) |

中华人民共和国广播电影电视部部标准

GY 60-89

广播电视中心和台、站电气设备大修、 交接和预防性常用试验方法

本方法适用于广播电视中心和台、站各维护单位电气设备大修、交接和预防性试验，不适用于新设备的验收。

本标准未涉及的试验方法，应按国家或专业标准规定的方法进行试验。

1. 试验条件

1.1 环境条件

温度：5 ~ 40℃

湿度：不大于75%

气压：86 ~ 106kPa

1.2 电源条件

电压波动：不大于5%

波形失真：不大于5%

电源频率：50 ± 1Hz

因故无法在上述条件下进行试验工作，应在试验报告中注明试验时的实际条件。

1.3 试验仪表

1.3.1 大修、交接常用的仪表应符合表1的规定。

表 1

| 仪 表 名 称 | 规 格 | 精 确 度 |
|----------|----------------------------|-------|
| 交流电压表 | 量程按试验需要 | 0.5 |
| 交流电流表 | 量程按试验需要 | 0.5 |
| 直流电压表 | 量程按试验需要 | 0.5 |
| 直流电流表 | 量程按试验需要 | 0.5 |
| 低功率因数瓦特表 | $\text{COS}\phi=1$ 量程按试验需要 | 0.5 |
| 兆 欧 表 | 500V | 1.0 |
| | 1000V | |
| | 2500V | |

广播电影电视部批准

1989-03-15起实施

续表

| 仪 表 名 称 | 规 格 | 精 确 度 |
|---------|--|--|
| 携带式电桥 | 双臂 $10^{-3} \sim 1111.1 \Omega$ | 1.5 |
| | 单臂 $10^{-3} \sim 9999 \times 10^3 \Omega$ | |
| 标准电流互感器 | $\text{COS}\phi = 0.8 \sim 1$ 10~15VA 变比按试验需要 | 0.2 |
| 标准电压互感器 | $\text{COS}\phi = 0.8 \sim 1$ 10~15VA 变比按试验需要 | 0.2 |
| 高压试验变压器 | 容量 $\geq 5\text{kVA}$ 电压按试验需要 | |
| 直流高压发生器 | 容量 $\geq 200\text{W}$ 电压按试验需要 | |
| 交流电桥 | 高压50Hz测量时 测量tg δ 范围, 0.005~0.6 | tg δ 值误差 0.005~0.03 \pm 0.003 0.03~0.6 $\leq \pm$ 10% |

1.3.2 预防性试验常用仪表的要求可参照表1的规定。

1.4 一般规定

1.4.1 试验时应遵守GY 63—89《广播电视中心和台、站电气工作安全规程》的有关规定，并备齐电气安全用具。

1.4.2 试验用仪表的内阻与耐压和试验连接线的耐压与直径，均应满足试验需要，当上述因素影响试验所要求的精度时，应计算修正。

1.4.3 被测设备或部件（以下称被试物），应清洁无污，试验前应用干燥的织物擦拭其外露绝缘部份。

1.4.4 油浸被试物的油温应在5~70℃范围内。

1.4.5 交接、大修试验所用的仪表应定期进行计量，每次试验前应进行检查。

1.4.6 试验时应注意避免射频感应、机械震动、热源等外界干扰影响，因故无法避免时，干扰影响造成的误差不得超过5%。

1.4.7 试验应在良好的天气时进行，试验时的环境温度和被试物的温度应记录并写入试验报告

1.4.8 运行中对地绝缘的设备，其绝缘试验应根据实际情况处理。

2 绝缘试验

2.1 绝缘电阻试验

2.1.1 试验准备

a. 断开被试物的电源，用绝缘柄的放电工具对被试物充分放电，电缆、电容器等容量较大的被试物，应用串有电阻的接地棒先放电一分钟，然后再短路电阻放电。

b. 拆除被试物的所有对外接线和附加的零部件，设备上暂不试验的端子或线头等宜

短路接地。

2.1.2 试验操作

a. 将兆欧表与被试物妥善连接,如被试物表面泄漏较大时,应用裸导线缠绕在套管上,并将导线连接到2500伏兆欧表的屏蔽(G)端子上。

b. 摇动兆欧表的摇把,使转速达到120转/分,并保持转速恒定,待表针指示稳定后,其读数即被试物的绝缘电阻。

c. 试验电容量较大的被试物,开始时兆欧表摇把的转速应平滑、缓慢地提高,结束时应在兆欧表转动情况下,用绝缘用具断开兆欧表高压端的连线,然后才能停止兆欧表转动。

d. 作吸收比试验时,自摇动兆欧表摇把第一圈开始计时,15秒时的兆欧表的读数为R₁₅,60秒时的读数为R₆₀。

e. 试验结束后,应用绝缘柄的放电工具对被试物进行放电。

2.1.3 各种被试物所用的兆欧表和试验项目见表2,表2未列的被试物应遵守国家标准或产品技术条件的规定。

表 2

| 被 试 物 名 称 | 试 验 项 目 | 兆欧表电压 |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------|
| 各种油浸变压器 | 高压绕组对低压绕组及外壳, 低压绕组对高压绕组及外壳 | 2500V |
| 油浸调压器、阻流圈、互感器 | 绕组对外壳或铁芯,绕组对绕组 | |
| 1000V及以上电力电缆 | 线对线,线对外皮 | |
| 支持绝缘子和穿墙套管、高压开关 | 相间,相对地,相对外壳 | |
| 1000V及以上高压电容器 | 极间,极对外壳 | |
| 1000V及以上干式变压器 | 高压绕组对低压绕组和铁芯或外壳 | |
| 1000V及以上干式阻流圈 | 绕组对铁芯或外壳 | 1000V |
| 500~1000V干式变压器 | 高压绕组对低压绕组和铁心或外壳 | |
| 500~1000V干式阻流圈 1000V以下电力电缆 | 绕组对铁心或外壳 绕组间,绕组对外壳 | |
| 220~500V的变压器、阻流圈、电动机和 其它低压电气设备 | 绕组间,绕组对铁心或外壳,或按被试 物类型选择试验项目 | 500V |

2.2 泄漏电流和直流耐压试验

2.2.1 试验准备

a. 试验应在2.1项试验合格后进行。

b. 试验前应妥善布置试验现场,并连接好试验线路。

2.2.2 试验操作

a. 将直流高压发生器输出电压置于零的位置,然后接通其电源。

b. 平滑缓慢地升高试验电压,密切监视被试物、试验连接线和仪表,发现泄漏电

流急剧增长或超过允许值以及发生击穿闪络等异常情况时，应立即降压并断开直流高压发生器的电源，在对高压端进行放电后查找原因。

c. 电压每升5千伏为一段，每升一段应暂停数秒，待泄漏电流表读数稳定后再行升压，直至试验电压达到被试物的额定电压，此时电流表的读数即被试物的泄漏电流。将电压上升到被试物直流耐压试验规定的数值，并持续规定的时间不发生异常情况，则被试物直流耐压合格。

d. 试验完毕，应降压、断开电源并对被试物充分放电，对电容量较大被试物的放电的规定同2.1.1条。

2.2.3 利用高压试验变压器进行泄漏和直流耐压试验

a. 接线如图1所示。

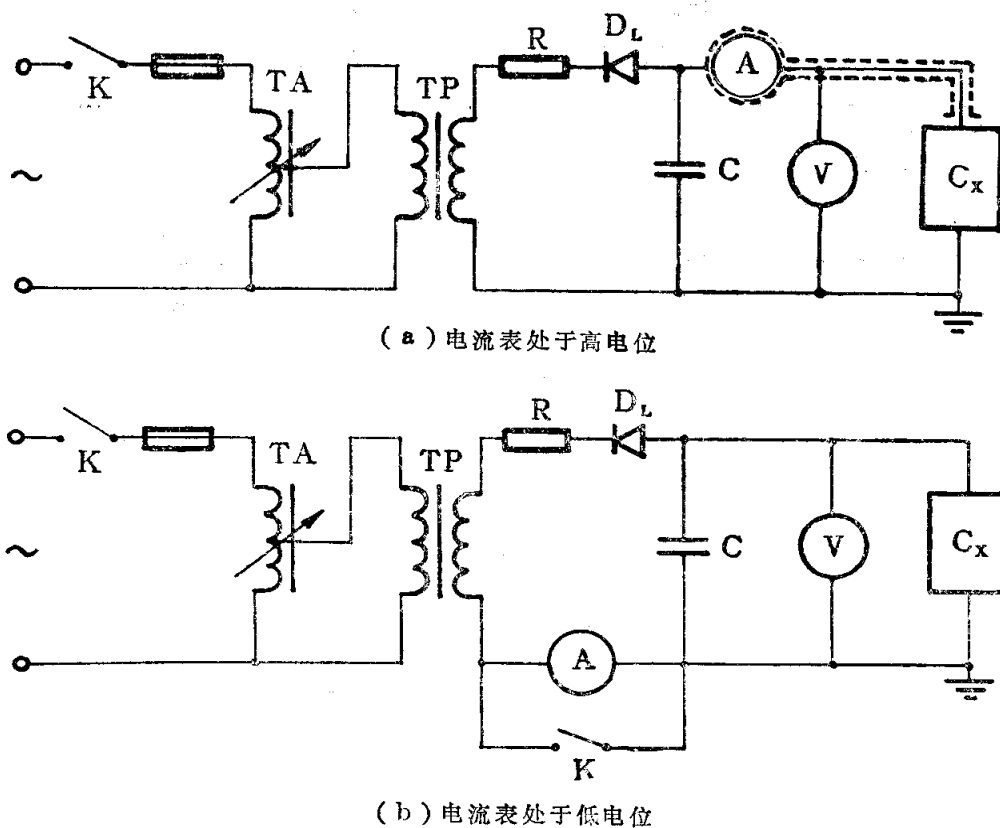


图1 利用高压试验变压器进行泄漏试验和直流耐压试验接线图

K—开关 TA—调压器 TP—高压试验变压器 R—限流电阻 V—静电电压表 A—直流微安表
DL—二极管 C_x —被试物 C—稳压电容

b. 试验少油开关等电容量较小的被试物，直流输出端必须加稳压电容C，试验电容量较大的被试物时，稳压电容C可以省略。

c. 采用图1(a)线路时，直流高压输出端至被试物的连接线应用屏蔽线，高压连接线对地应保持足够距离，由于此时电流表处于高压端，试验人员必须采取相应的安全措施。

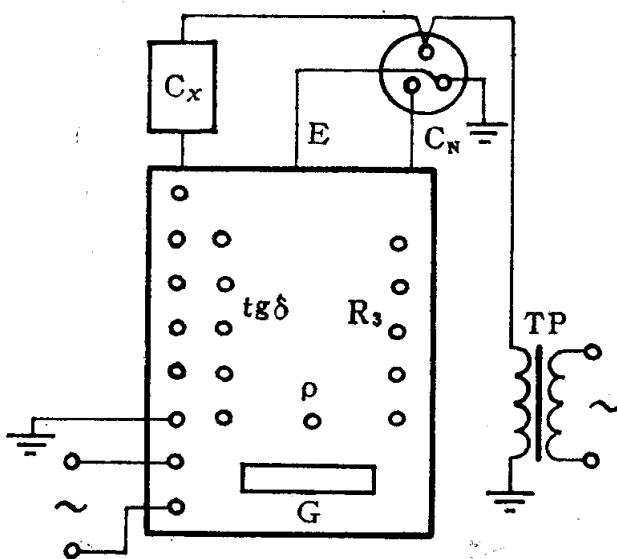
d. 如无静电电压表，试验时的直流高压近似值可用高压试验变压器的变比，乘以 $\sqrt{2}$ 倍低压侧电压求得。

e. 试验操作同2.2.2条。

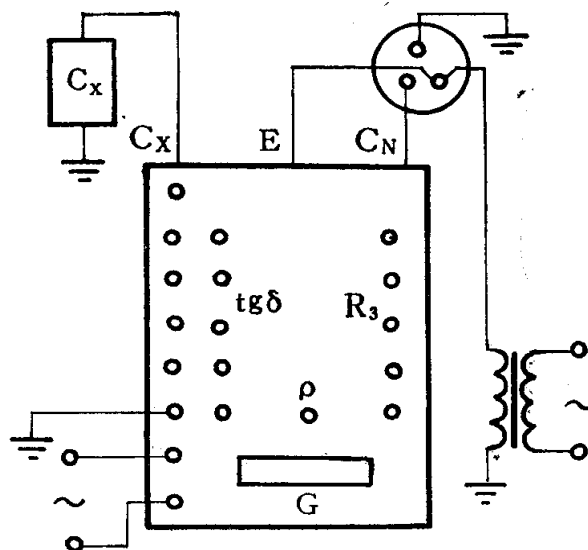
2.3 介质损失角试验

2.3.1 试验准备

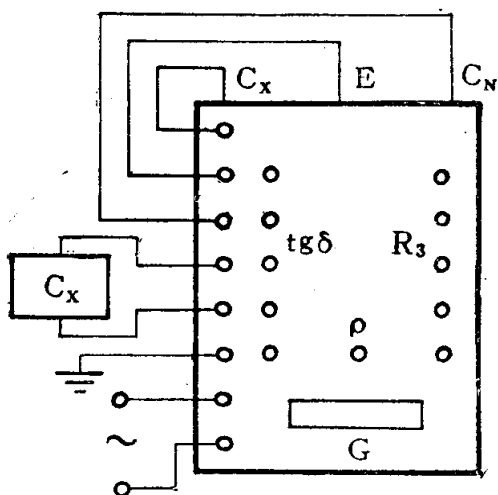
- a. 试验应在2.1项试验合格后，使用交流电桥进行。
- b. 试验前应布置好现场，按图2(a)、(b)、(c)连接电路，高压被试物接地时用图2(b)的线路；高压被试物对地绝缘时用图2(a)线路；低压被试物用图2(c)线路，电桥原理如图2(d)所示。
- c. 采用图(a)(b)时，除最大试验电压不得超过10kV外，还应注意电桥外壳必须可靠接地。



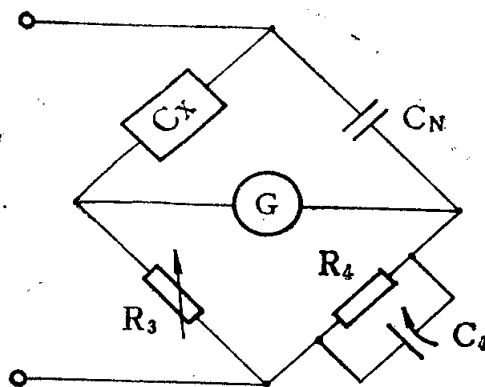
(a) 高压正接法试验



(b) 高压反接法试验



(c) 低压试验



(d) 交流电桥原理

图 2 交流电桥试验介质损失角线路图

C_x—被试物 C_N—试验用电容器，最大工作电压10kV，电容量50Pf $tg\delta \leq 0.1\%$
 TP—高压试验变压器 G—光检流计

2.3.2 试验操作

a. 将电阻 (R_s)、电容器 ($\text{tg}\delta$) 和检流计灵敏度等操作把手置于零位置, 极性切换开关置于正值中间的断开位置。

b. 根据被试物电容电流的大小选择分流器的位置。若不知被测物的电容电流值, 则应先将分流器置于最大 (1.25) 或估计的最大电流位置上, 并在测量中逐步减小。

c. 检查接线无误后, 接通电桥光照电源, 这时仪器下方刻度板上将出现一条狭光带, 调节零位旋钮, 使光带处于刻度板零位线上。

d. 合上高压试验电源, 升至所需的电压 (10千伏及以下被试物为被试物的额定电压; 10~35千伏被试物为10千伏)。

e. 把极性转换开关转至“+ $\text{tg}\delta$ ”位置“接通I”上。

f. 改变检流计灵敏度开关, 使光带扩大到满刻度的 $1/3 \sim 2/3$ 。

g. 仔细旋转检流计的频率调整钮, 找到检流计的谐振点, 这时光带最宽。

h. 调整 R_s 使光带最窄, 再调整 $C_4 (\text{tg}\delta)$ 使光带再缩到最窄, 当光带窄到只有二、三格时, 应增加检流器的灵敏度; 反复调整 R_s 、 ρ 和 $C_4 (\text{tg}\delta)$ 使电桥在检流计最灵敏 (10) 一档时的光带最窄 (最宽不超过 4 公厘), 这时电桥达到平衡, 记下分流器 n 电阻 R_s 、 ρ 和 $C_4 (\text{tg}\delta)$ 的数值。

i. 为了检查电磁场干扰, 将检流计灵敏度降至零, 极性开关旋至“接通II”重复 f、g、h, 项操作至电桥达到平衡。记下 n 、 R_s 和 $C_4 (\text{tg}\delta)$ 。

2.3.3 因射频感应使电桥无法达到平衡时, 可倒换极性开关测出被试物介质损失角的负正切, 再由下式进行换算。

$$\text{tg}\delta\% = -\text{tg}\delta\% \frac{3184}{R_s} \quad (1)$$

式中: $\text{tg}\delta$ ——被试物的介质损失角;

$-\text{tg}\delta$ ——倒换极性开关后测得的介质损失角;

R_s ——电桥的可调电阻。

2.4 交流耐压试验

2.4.1 试验准备

a. 试验应在 2.1、2.2、2.3 项试验合格后, 使用高压试验变压器进行。

b. 试验前应布置好现场, 被试物暂不试验的端子和接线宜短路接地, 然后将被试物与高压试验变压器妥善连接。

2.4.2 试验操作

a. 将高压试验变压器置于输出电压零的位置, 然后接通其电源。

b. 逐渐升高试验电压, 对于绝缘子和套管等升压速度不作规定, 对于变压器等的升压必须平滑, 升压速度不应超过 3% 试验电压/秒。

c. 试验过程中, 如出现跳闸或其它异常情况, 应立即降压并切断试验电源, 在挂上接地线后再作检查, 如因试验变压器容量过小, 则应更换容量较大的变压器。

d. 当试验电压升至规定的电压值,并持续规定的时间,不出现跳闸和被试物放电闪络现象,则被试物交流耐压合格。

2.5 绝缘油耐压试验

2.5.1 试验准备

a. 试验应在温度为 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 清洁防尘的室内进行,仲裁试验时的温度为 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

b. 试验前应对油杯、取样瓶和试验时接触绝缘油的用具,进行清洁、干燥,并用新绝缘油洗涤。

c. 将球形电极安装在水平轴上,彼此相距2.5毫米,误差应小于0.1毫米,安装时防止手指与其直接接触,电极面应光滑。一旦电极面上有由于放电引起的凹坑时应更换新电极。

2.5.2 取样

a. 存油设备中的油,在取样前应静置8小时以上。在运行中的设备上取样可不经静置,取样前后均应用洁净不带毛的织物将取样处周围擦拭干净。

b. 在设备下部放油取样,应先从油孔放出2公斤油,以清洗油孔。在没有放油孔或取样阀的充油设备中取样,应用玻璃管等采取器插入设备的底部取样,插入时用姆指压紧管子上口,然后放松姆指,使油进入,再用姆指压紧上口,提出管子放油洗涤管子2~3次然后取样。

c. 塞紧试样油瓶的塞子,将其置于室内数小时,使试样油温接近室温。

2.5.3 试验操作

a. 将盛有油样的取样瓶轻轻摇动,使油中杂质分布均匀,并尽可能防止产生气泡。

b. 用试样油刷洗油杯2~3次,再将被试油样沿杯壁或洁净、干燥的玻璃棒徐徐注入油杯,使电极浸入试油40毫米,将洁净、干燥的玻璃板盖好油杯静置,(静置时间不宜超过十分钟)待气泡消失立即加电试验。

c. 将高压试验变压器置于输出电压为零位置,将油杯的电极与高压试验变压器高压侧连接。

d. 接通低压侧调压器电源并逐渐升高电压,使高压试验变压器高压的电压按2千伏/秒匀速上升,升至两电极产生第一个火花,随即断电,产生火花时的电压即试样油的击穿电压。

e. 试样击穿后静置五分钟,待击穿时的炭粒沉淀,即可重复d项操作。

f. 重复d、e项操作5次,六次试验结果的平均值即试样油的电气强度。

2.6 安全用具和操作工具试验

2.6.1 试验准备

a. 检查被试物的外部,发现污垢、损伤、受潮等异象,应作相应处理后再行试验。

b. 用洁净、干燥的织物仔细擦拭被试物。

c. 使用2500V兆欧表检查被试物,兆欧表的指针应在量限以上。检查表面绝缘状况时,可使兆欧表的两根线头相距1公分并固定在绝缘物上,在连续摇动兆欧表摇把的同

时，将两线头在被试物表面移动，其表针应不下降。

2.6.2 电极配置

a. 胶靴、胶手套等绝缘用具用自来水做电极，即在被试物内部充入水，再将其浸入水槽，试验高压引线接于被试物内部水中，外部水槽经一毫安表后接地，内、外部水面距被试物边缘均为2~4厘米并不得弄湿。

b. 绝缘垫、绝缘挡板等应用金属板做电极，凡使用部份均应试验，当绝缘垫、绝缘挡板等面积较大时，可将金属板依次移动至各部位。试验至被试物边缘处时，应根据试验电压留有相应的间距，以免出现沿边沿放电。

c. 试验胶套等管状绝缘材料，应在其内部穿入与被试物紧密接触的金属棒，在被试物的外部包上金属箔，使电压布及所有部位，但在被试物的端头，应根据试验电压留有相应的间距，以免出现沿端部放电。

d. 试验操作杆、绝缘绳等，可用裸导线紧密缠绕相应部位做电极。试验绝缘绳时，还应将绳尽量拉直。

2.6.3 试验操作同2.4.2°

3. 设备试验

3.1 变压器空载试验

3.1.1 试验准备

a. 试验线路如图3(见下页)所示，除用于试验的绕组外，其他绕组全部开路。

b. 通电前应对一、二次回路进行仔细地检查，防止接线错误、安全距离不够、导线截面积过小、仪表量限不配等。

3.1.2 试验操作

a. 将额定电压施加至被试变压器(有分接开关的变压器，分接开关应置于额定电压位置)。

b. 试验过程中若发现仪表指示异常、被试物有放电声等异响或冒烟、喷油，应立即断电检查。

c. 单相变压器瓦特表的读数和三相变压器两个瓦特表读数的和分别为单相和三相变压器的空载损耗，通过CT、PT测量时，还应乘以CT、PT的变比。空载损耗的百分数可由下式计算。

$$P_0\% = \frac{P_0}{P_n} \cdot 100 (\%) \quad (2)$$

式中： $P_0\%$ ——变压器空载损耗百分数；

P_0 ——变压器空载损耗；

P_n ——变压器额定容量。

3.1.3 空载电流

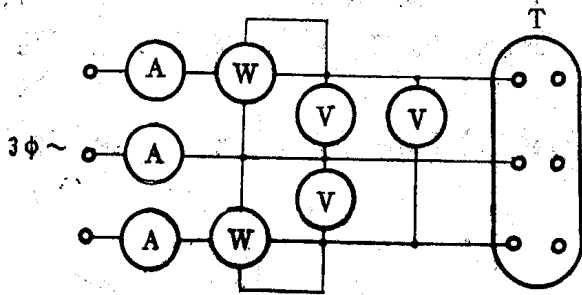
试验时电流表的读数即变压器空载电流，通过CT测量时，还须乘以CT的变比，空载

电流百分数可由下式求得

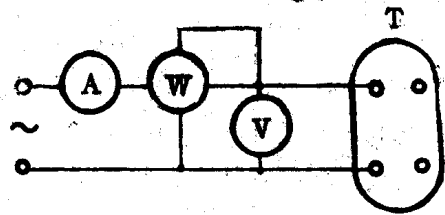
$$\text{单相 } I_0\% = \frac{I_0}{I_n} \cdot 100 (\%) \quad (3)$$

$$\text{三相 } I_0\% = \frac{I_{0a} + I_{0b} + I_{0c}}{3 I_n} 100 (\%) \quad (4)$$

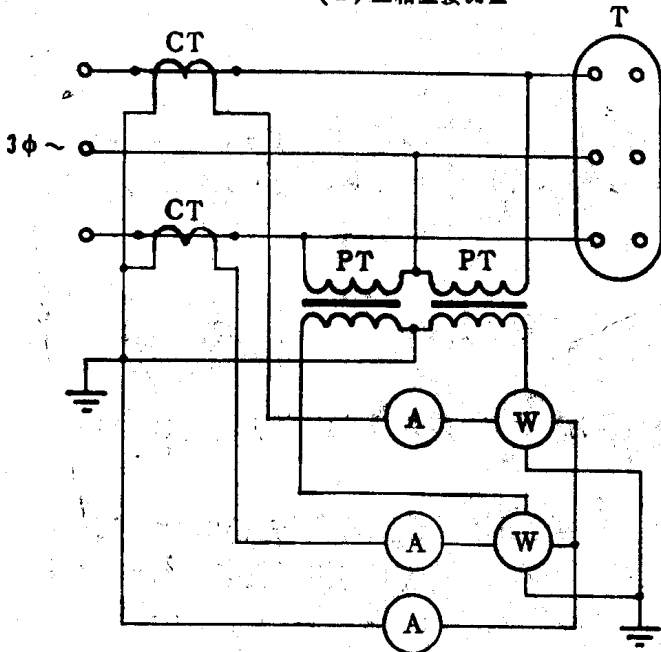
式中： $I_0\%$ ——变压器空载电流百分数；
 I_0 ——单相变压器空载电流；
 I_{0a}, I_{0b}, I_{0c} ——三相变压器a、b、c三相空载电流；
 I_n ——变压器通过绕组的额定电流。



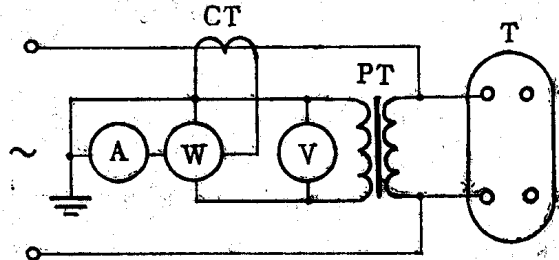
(a) 三相直接测量



(b) 单相直接测量



(c) 三相通过CT、PT测量



(d) 单相通过CT、PT测量

图 3 变压器空载损耗接线图

A—交流电流表 V—交流电压表 W—瓦特表 CT—电流互感器 PT—电压互感器 T—被试变压器

3.1.4 三相变压器的单相电源试验

a. 若因试验现场条件限制,或在三相空载试验中发现变压器损耗超过规定值等情况可分别测量单相损耗,以检查各相或各磁路是否存在故障,磁路正常时, $P_{0ab} \approx P_{0bc}$ 相差不大于3%, $P_{0ac} = 1.3 \sim 1.5 P_{0ab}$ 。

b. 加压绕组为三角形连接的试验接线如图 4 所示, 依次对 ab, bc, ca 施加与被试绕组线电压相等的电压, 测得的损耗可由 5 式进行计算:

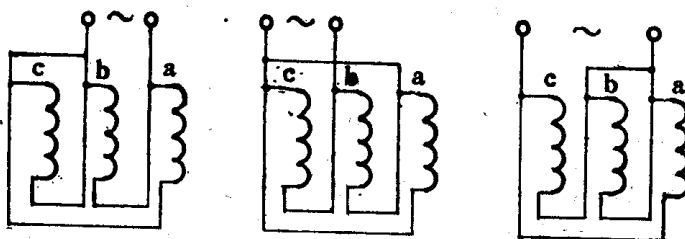


图 4 单相电源试验从三角形侧加电接线图

$$P_0 = \frac{P'_{0AB} + P'_{0BC} + P'_{0CA}}{2} \quad (5)$$

- 式中: P_0 ——空载损耗;
 P'_{0AB} ——AB测得的损耗;
 P'_{0BC} ——BC测得的损耗;
 P'_{0CA} ——CA测得的损耗。

c. 加压绕组为星形连接时, 非加压绕组应短路, 试验接线如图 5 (a) 所示, 若无法将非加压绕组短路, 则应将其二次绕组的相应相短路, 如图 5 (b) 所示进行试验, 试验施加的电压为 $\frac{2}{\sqrt{3}}$ 绕组线电压。测得的损耗应按(5)式进行计算:

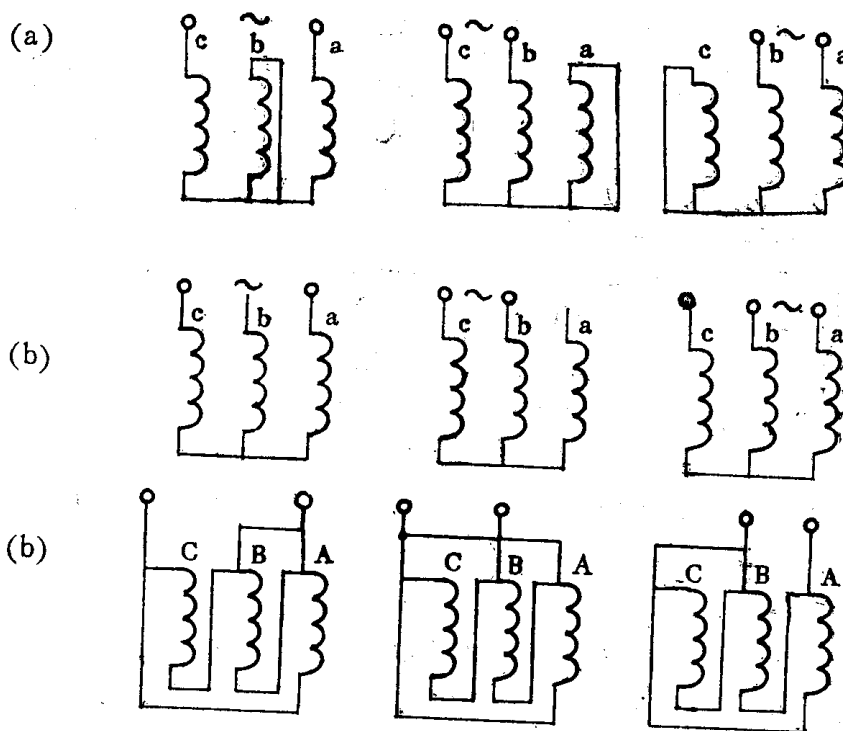
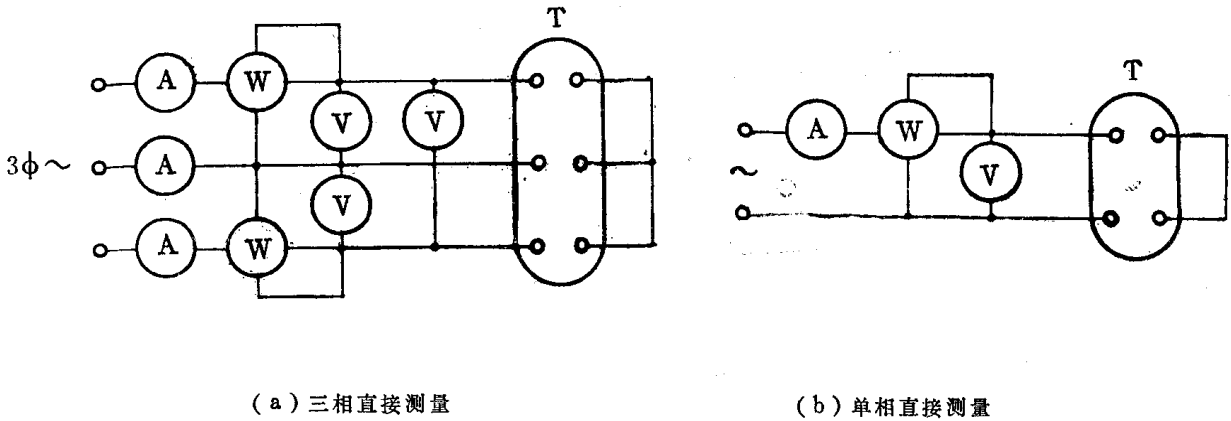


图 5 单相电源试验从星形侧加压接线图

3.2 变压器短路试验

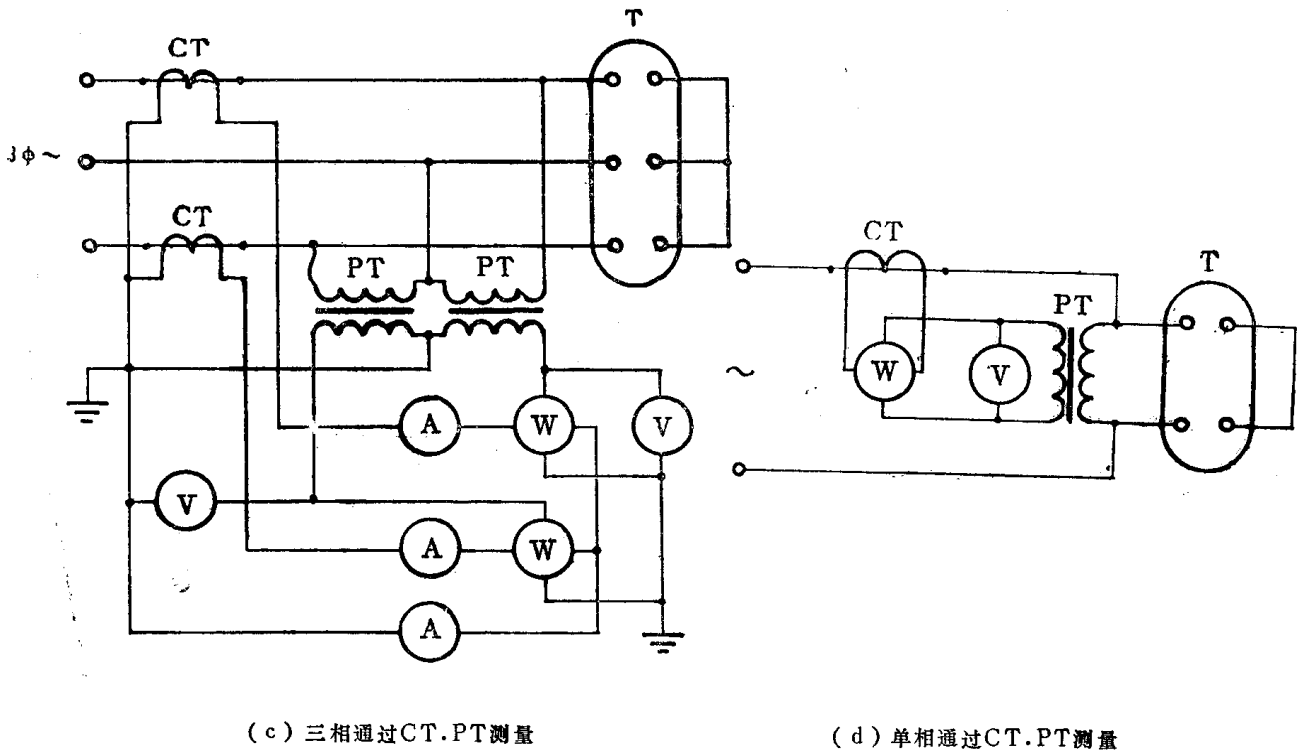
3.2.1 试验准备

a. 试验线路如图6所示，除试验加电绕组外，其它绕组全部短路。运行中接地的外壳和线端应可靠接地。



(a) 三相直接测量

(b) 单相直接测量



(c) 三相通过CT.PT测量

(d) 单相通过CT.PT测量

图 6 变压器短路试验接线图

b. 短路绕组的导线应有足够的截面积（可取2.5安/毫米²），并尽可能的短，连接处必须接触良好。

c. 试验用的电源应有足够的容量，三相对称并保持稳定。

3.2.2 试验操作

- a. 将试验用调压器置于电压为零的位置，然后接通电源。
- b. 逐渐升高试验电源的电压，使通过绕组的电流达到额定值，此时单相变压器瓦特表和三相变压器两个瓦特表的和，即单相和三相变压器的短路损耗。
- c. 试验时若发现瓦特表指示为“负”，则应改变其极性。
- d. 在多绕组变压器中，若被试绕组容量不同，试验升压时注意不得使任一绕组的电流超过额定值。
- e. 若由于现场试验条件限制或为了试验时不接电流互感器，允许以较小电流进行短路试验，但不应小于额定值的 $1/4$ ，此时额定电流时的短路损耗可由下式计算。

$$P'_k = P_k \left(\frac{I_n}{I'_k} \right)^2 \quad (6)$$

式中： P_k ——变压器的短路损耗；

P'_k ——小电流试验时的实测损耗；

I_n ——变压器的额定电流；

I'_k ——小电流试验时的实测电流，（三相试验为三个电流表读数平均值。）

试验所得的短路损耗，可用下式换算出绕组额定温度（ 75°C ）时的短路损耗。

$$P_{k75} = \frac{T+75}{T+t} \cdot P_{kt} \quad (7)$$

式中： P_{k75} —— 75°C 时变压器的短路损耗；

T ——系数（铜线235铝线245）；

t ——试验时的温度；

P_{kt} ——试验时测得的短路损耗。

5.2.3 短路电压

短路试验电流达到额定值时的电压为短路电压，短路电压百分数可由下式计算

$$U_k \% = \frac{U'_k}{U_n} \cdot \frac{I_n}{I'_k} \cdot 100 (\%) \quad (8)$$

式中： $U_k \%$ ——短路电压百分数；

U'_k ——试验时测得的短路电压，三相试验为三个电压表读数平均值；

U_n ——变压器的额定电压；

I_n ——变压器的额定电流；

I'_k ——试验时测得的电流。

5.3 变压器变比试验

5.3.1 变压器的变比应在每一种分接位置下进行，带有有载调压装置的变压器，应用电力装置转换分接位置

5.3.2 双电压表法

a. 双电压表法的接线如图 7 所示, 图 7 (a) 适用于一般电力变压器, 图 7 (b) 适用于变比较大、容量较小的变压器。

b. 将低压电源接至变压器高压绕组上如图 7 (a) 所示, 将比额定电压为低的电源接至高压变压器的低压绕组上如图 7 (b) 所示。测量变压器两侧 AB 和 ab 的电压值, 断电后将电压表改接, BC 和 bc, CA 和 ca, 分别测量其电压值, 则变比可用下式计算。

$$K_{AB} = \frac{U_{AB}}{U_{ab}}, K_{BC} = \frac{U_{BC}}{U_{bc}}, K_{CA} = \frac{U_{CA}}{U_{ca}} \quad (9)$$

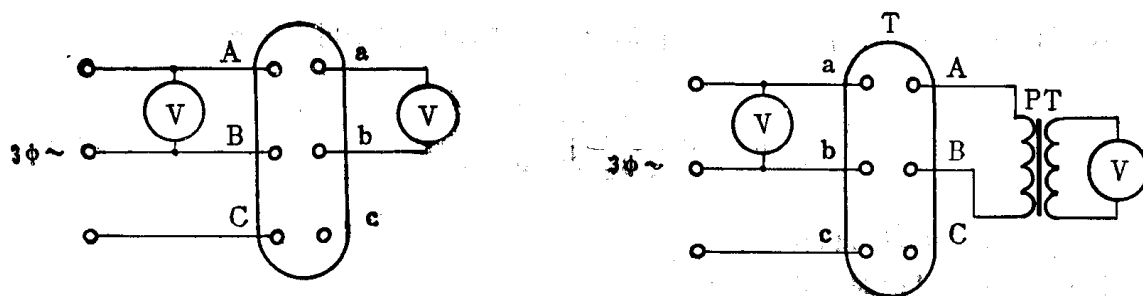


图 7 双电压表测量法接线图

3.3.3 标准互感器法

a. 标准互感器法接线如图 8 所示。

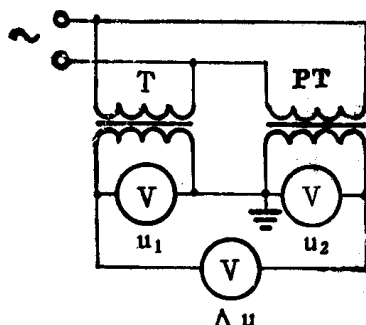


图 8 标准互感器测量法接线图

T—被试变压器 PT—标准互感器 V—电压表

b. 在被试变压器高压侧施加 1~25% 额定电压, 使其适合标准互感器的电压范围, 记录各电压表的读数, 变压器变比可用下式计算。

$$K = K_B \frac{1}{1 \pm \frac{\Delta u}{u_2}} \quad (10)$$

式中: K ——被试变压器的变比;

K_B ——标准互感器的变比;

u_1 ——被试变压器低压侧电压;

u_2 ——标准互感器低压侧电压;

$\pm \Delta u$ ——电压差, 其正负由 u_1 正 u_2 值比较确定。

3.3.4 单相电源测量法

用单相电源测量三相变压器变比, 可按表 3 规定进行试验接线、加电和计算,

表 3

| 变压器接线方式 | 加压端子 | 短路端子 | 测量端子 | 变压比计算公式 | 试验接线 |
|---------|------|------|--|---|------|
| Y/Δ-11 | ab | bc | AB(U _{AB})及 ab(U _{a,b}) | $K_1 = \frac{2K\pi}{\sqrt{3}}$ $K_H = \sqrt{\frac{3}{2}} K_{av}$ $\Delta K\% = \frac{K_H - K_{av}}{K_H} \times 100$ | |
| | bc | ca | BC(U _{BC})及 bc(U _{b,c}) | | |
| | ac | ab | CA(U _{CA})及 ca(U _{c,a}) | | |
| Δ/Y-11 | ab | CA | AB(U _{AB})及 ab(U _{a,b}) | $K_1 = \frac{K\pi}{2\sqrt{3}}$ $\Delta K\% = \frac{K_H - 2\sqrt{\frac{3}{2}} K_{av}}{K_H} \times 100$ | |
| | bc | AB | BC(U _{BC})及 bc(U _{b,c}) | | |
| | ca | BC | CA(U _{CA})及 ca(U _{c,a}) | | |
| Y/Y-12 | ab | | AB | $K_1 = \frac{U_{AB}}{U_{a,b}}$ $\Delta K\% = \frac{K_H - K_{av}}{K_H} \times 100$ | |
| | bc | | BC | | |
| | ca | | CA | | |

续表

| 变压器接线方式 | 加压端子 | 短路端子 | 测量端子 | 变压比计算公式 | 试验接线 |
|----------------------|------|------|------|--|------|
| Y ₀ /Δ-11 | ab | | BO | $K_1 = \frac{K_{\pi}}{\sqrt{3}}$ $\Delta K \% = \frac{K_H - \sqrt{3} K_{\pi}}{K_H} \times 100$ | |
| | bc | | CO | | |
| | ca | | AO | | |

①表中 K_1 —实测电压比 K_{π} —三个实测电压比之算术平均值 K_{π} —线电压比 K_{ϕ} —相电压比
 ΔK —电压比差(%) K_H —额定变比

3.4 直流电阻试验

3.4.1 注意事项

- 试验应在被试物停止运行较长时间后，其温度与环境温度相等或接近时测量。
- 直流电阻试验应包括被试物的引线电阻和各种接触电阻，当被试物有多个开关，应在各种组合状态下测量。电动手动两用转换的开关，转换位置时，只准用电动。
- 变压器各绕组的直流电阻应分别在各绕组的线端测定，三相变压器中性点引出时，应补充测量三相中一相的直流电阻，如零相回路电阻不超过相电阻 2% 时，可只测相电阻。
- 试验用的导线截面积应选得大一些，连接处接触必须良好。

3.4.2 电压降法

- 电压降法试验接线如图 9 所示。

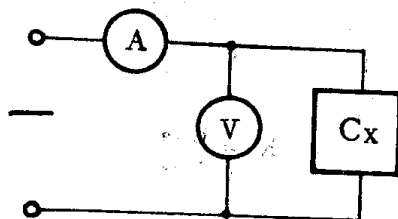


图 9 电压降法试验接线图

A—直流电流表 V—直流电压表 Cx—被试物

- 直流电压和电流表量程根据试验电流和被试物的额定电阻选用。电压表的内阻宜大，电流表的内阻宜小。当内阻对试验准确度影响不可忽视时，应通过计算进行修正。
- 测量时的电流宜较大，但不宜超过额定电流的 20%，待电流稳定后即可读取读数。

计算出电阻值。

d. 对变压器、阻流圈等电感量较大的被试物，应在电流表读数稳定后接入电压表，在断开电源前应先断电压表。

3.4.3 电桥法

a. 被试物正常电阻在 1 欧以下应使用双臂电桥，在 1 欧及以上可使用单臂电桥。

b. 用电桥测量变压器、阻流圈等绕组电阻，需等电流稳定后再合上检流计，拉开电源前应先断开检流计。

c. 使用单臂电桥试验时，应减去接线电阻的影响。

3.4.4 被试物温度的测量

a. 干式变压器、阻流圈的温度可用点温计在其不同部位处测量不少于三点，取其平均值。

b. 油浸变压器、阻流圈测量油的上层温度。

3.4.5 测量所得的直流电阻可用下式换算成额定温度 (75℃) 绕组的电阻值。

$$R_{75} = R_t \frac{T + 75}{T + t}$$

式中：R₇₅——温度 75℃ 时的电阻；

R_t——温度 t℃ 时的电阻；

t——试验时的温度；

T——系数，铜为 253 铝为 245。

3.5 互感器误差试验

3.5.1 电压互感器误差试验

3.5.1.1 双电压表法

a. 试验接线如图 10 所示。对准确等级为 3 的可采用双电压表法，对 0.5、1.0、6B、3B 等级应采用检验器（误差电桥）法。

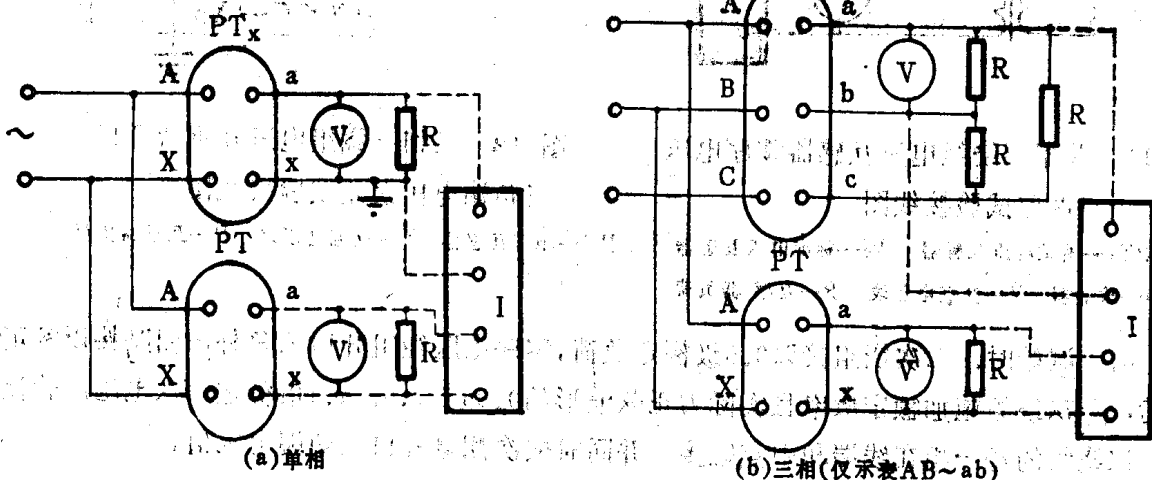


图 10 电压互感器误差试验接线图

PT_x—被试互感器 PT—标准电压互感器 I—检验器 V—交流电压表 R—互感器负载

b. 被试单相电压互感器二次绕组接以规定的负荷，三相电压互感器二次绕组负荷应△接法，各相负荷为规定值的 $1/3$ 。

c. 试验单相或三相三绕组电压互感器二次绕组的误差时，零序电压绕组（开口△）应开路。

d. 对被试电压互感器一次绕组依次施加0.85、1.0、1.1倍额定电压，并在二次绕组负荷为25%和100%两种情况下，分别测量单相AX~ax和三相AB~ab, BC~bc, CA~ca对线端的电压。该电压与标准电压互感器二次绕组电压表读数之差，即电压互感器的误差。

3.5.1.2 单相三绕组电压互感器零序电压误差试验

a. 试验接线按图11所示。

b. 试验时，二次绕组接以0.5级额定负荷，一次绕组施加50Hz且实际为正弦波形的指定电压，对于供中性点直接接地系统用的互感器，一次电压分别为0.85、1.0、1.5倍额定一次电压，对于供中性点不直接接地系统用的互感器，一次电压分别为0.85、1.0、1.9倍额定一次电压，零序电压绕组负荷分别为25%及100%额定负荷。

3.5.1.3 三相三绕组电压互感器开口三角端电压误差试验

a. 试验接线按图12所示

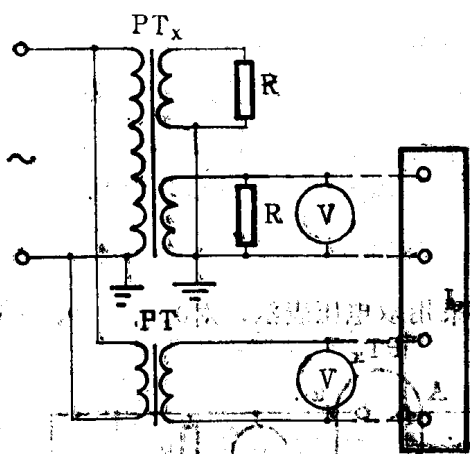


图 11 单相三绕组电压互感器零序电压误差试验接线图

PT_x—被试电压互感器 PT—标准电压互感器
I—检验器 V—交流电压表 R—互感器负荷

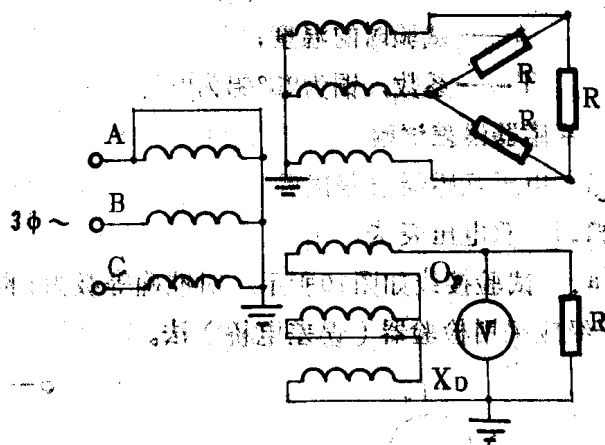


图 12 三相三绕组电压互感器开口三角端电压误差试验接线图

PT—电压互感器 V—交流电压表 R—互感器负荷

b. 试验时，二次绕组接以0.5级额定负荷，零序电压绕组开口三角外部回路接以额定负荷，一次绕组施加额定频率且实际为正弦波形的0.85、1.0、1.1倍额定一次电压，轮流将一次绕组的每一相在线端和中点短接，并同时依次测量开口三角端电压值。

c. 二次线圈不接负荷，其余按a项规定，测量开口三角端电压。

d. 试验时，应采用中点对地绝缘的电源，电源电压应是三相实际对称的，二次绕组

负荷应是三相对称的，并按△连接。

3.5.1.4 检验器试验法

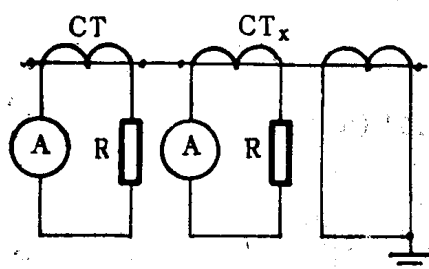
检验精度较高的电压互感器和测量电压互感器角差，必须使用检验器，线路连接如图10、图11虚线所示，试验操作相同。

3.5.1.5 检验器的使用方法见其说明书。

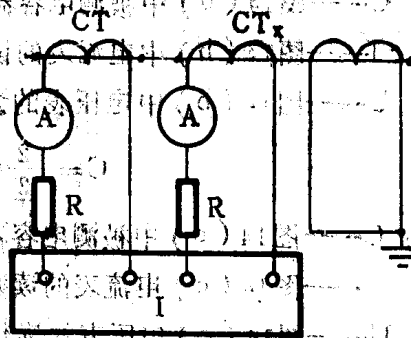
3.5.2 电流互感器误差试验

3.5.2.1 双电流表法

a. 试验接线如图13所示



(a) 双电流表法



(b) 检验器法

图 13 电流互感器误差试验

CT—标准互感器 CT_x—被试电流互感器 R—负荷电阻 A—交流电流表 I—检验器

- 被试电流互感器一次和二次电流必须与标准电流互感器相符。
- 二次回路应接额定的负荷，二次回路连接线应用双绞线并连接可靠。
- 将电路电流置于零值，接通电源，逐步增加电路中的电流，至被试电流互感器或标准电流互感器二次回路电流表读数较大的达到额定值，此时两个电流表读数之差，即被试电流互感器的误差。

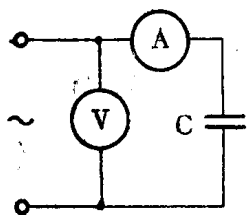
3.5.2.2 检验器法

检验精度较高的电流互感器和测量电流互感器角差，必须使用检验器，试验操作同

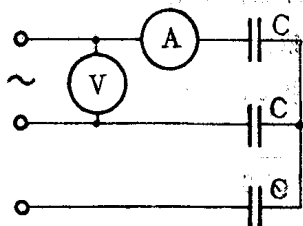
3.5.2.1，检验器的使用方法见其说明书

3.6 电力电容器容量试验

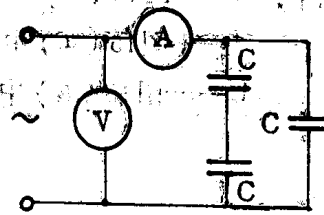
3.6.1 单相试验电源电容量测量接线如图14所示。



(a)



(b)



(c)

图 14 单相试验电源电容量试验接线图

C—被测电容器 A—交流电流表 V—交流电压表

施加试验电源，读出电压表和电流表的读数，则电容量可用下式计算。

$$C = \frac{I}{2\pi f U} \times 10^6 (\mu f) \quad (11)$$

式中：C——图14(a)中被测电容器的电容量；

I——图14(a)中电流表的读数；

U——图14(a)中电压表的读数。

$$C = 2 \cdot \frac{I}{2\pi f U} \times 10^6 (\mu f) \quad (12)$$

式中：C——图14(b)中被测电容器的电容量；

I₁——图14(b)中电流表的读数；

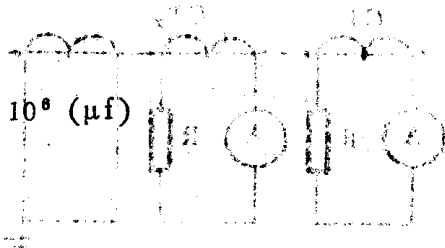
U——图14(b)中电压表的读数。

$$C = \frac{2}{3} \cdot \frac{I}{2\pi f U} \times 10^6 (\mu f) \quad (13)$$

式中：C——图14(c)中被测电容器的电容量；

I——图14(c)中电流表的读数；

U——图14(c)中电压表的读数。



3.6.2 三相试验电源电容量测量线路如图15所示。

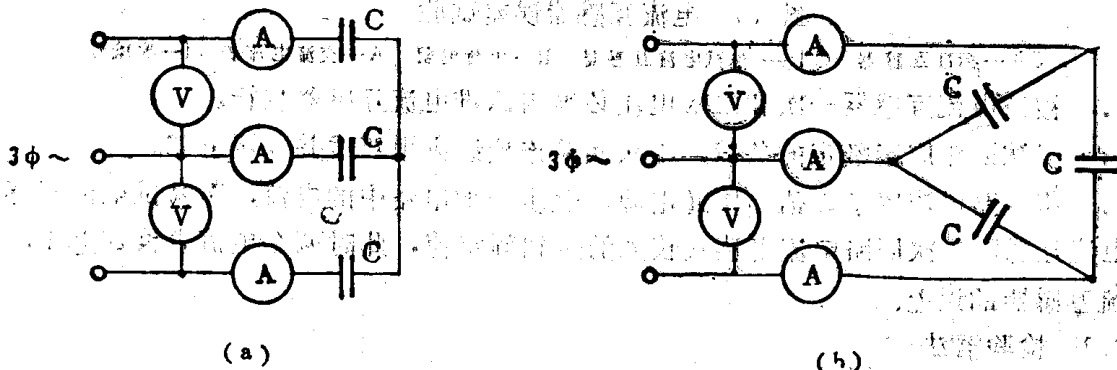


图15 三相电源电容量测量线路图

施加试验电源，读出电流表和电压表的读数，则电容量可用下式计算。

$$C = \frac{\sqrt{3} I}{2\pi f U} \times 10^6 (\mu f) \quad (14)$$

式中：C——图15(a)中被测电容器的电容量；

I——图15(a)中电流表的读数；

U——图15(a)中电压表的读数。

$$C = \frac{I}{2\pi f U \sqrt{3}} \times 10^6 (\mu f) \quad (15)$$

式中：C——图15(b)中被测电容器的电容量；

I——图15(b)中电流表的读数；

U——图15(b)中电压表的读数。

附录 A
ZC—8型接地电阻测试仪

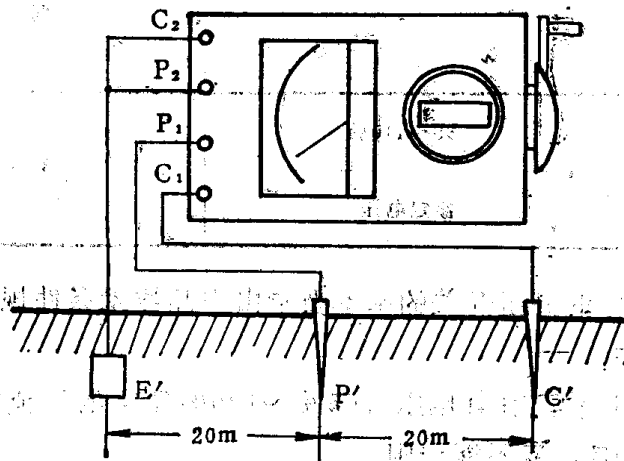
ZC—8型接地电阻测试仪

测量接地电阻的方法

游海刚

1. 本仪器符合下列标准：GB 4793.1—85 (补充件) 测量接地电阻的方法

1 测量线路如图所示，沿被测接地装置E'，使电位探测针P'和电流探测针C'依直线彼此相距20米打入地中，再用有绝缘套的导线将E'、P'、C'与仪器相应端钮相连接。



- 2 将仪器水平放置，用“0”位调整器将检流计表针指于中间线（红线）上。
- 3 将“倍率标度”置于最大倍数，缓慢摇动摇把，同时旋转“测量标度盘”，使检流计表针指于中间线上。
- 4 当检流计的表针接近平衡时，加速摇动摇把的速度，使其达到120转/分，同时调整“测量标度盘”，使表针指于中间线上。
- 5 如“测量标度盘”的读数小于1时，应将“倍率标度”置于较小的倍数，再重新调整“测量标度盘”，以求得出较准的读数。用“测量标度盘”的读数乘以“倍率标度”即为所测的接地电阻。
- 6 当检流计的灵敏度过高，可往“电位探测针”和“电流探测针”注少许水后再行测量，但不可过多注水，以免造成测试误差。

注：当接地装置的接地电阻小于1欧时，用此法测得的接地电阻值仅可作为参考。

附录 B
高压开关合闸、脱扣机构基本要求

附录 B (补充件) 第 5 章

1 合闸机构

1.1 依靠能源进行合闸操作的高压开关，在表 1 规定的上限，应能空载合闸而不产生异常现象；在表 1 规定的下限，应能关合开关的额定电流。当关合电流峰值小于 50kA 时，直流电压的下限为 80%。

表 1

| 电 压 | | 气 压 |
|---------|---------|--------------|
| 直 流 | 交 流 | |
| 85~110% | 85~110% | 85~110% 额定气压 |
| 额定电压 | 额定电压 | |

1.2 依靠人力进行合闸操作的高压开关的基本要求由产品技术条件规定。

2 脱扣机构

2.1 独立电源供电的分闸机构，在其电压为 65%~120% 额定电压范围内，应能可靠地分闸；当电压小于额定电压 30%，应不能分闸。

2.2 失压脱扣器的性能应符合表 2 规定，并具有延时脱扣的性能。

表 2

| 电源电压与额定电源电压的比值 | 小于 35% | 大于 65% | 大于 85% |
|----------------|----------|--------|----------|
| 失压脱扣器的工作状态 | 铁芯应可靠地释放 | 铁芯不得释放 | 铁芯应可靠地吸合 |

2.3 附装的过流脱扣器的电流范围及其相应的准确度应符合表 3 的规定。

表 3

| 过电流脱扣器的种类 | 延时动作的 | 瞬时动作的 |
|-------------------|--------------|--------|
| | 脱扣电流等级范围 (A) | 2.5~10 |
| 每级脱扣电流的准确度 | ±10% | |
| 同一脱扣器各级脱扣电流的准确度差异 | ±5% | |

延时动作的过流脱扣器的镇定电流、脱扣电流值与延时时间的关系等由产品技术条件规定。

2.4 电流互感器供电的附装脱扣器，当其电路靠分装过流继电器触点控制时，其脱扣电流应为2.5A及以上。

原图... 脱扣器... 过流继电器触点... 控制... 脱扣电流... 2.5A及以上...

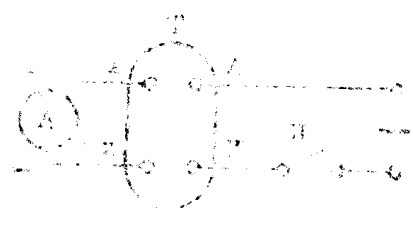
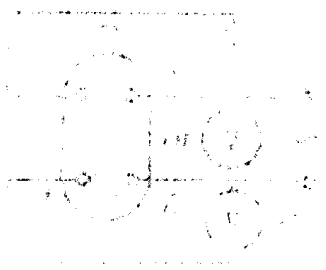


图 2-1 电流互感器供电的过流脱扣器接线图

图 2-2 电流互感器供电的过流脱扣器接线图

过流脱扣器... 电流互感器... 过流继电器... 触点... 控制... 脱扣电流... 2.5A及以上...



图 2-3 电流互感器供电的过流脱扣器接线图

过流脱扣器... 电流互感器... 过流继电器... 触点... 控制... 脱扣电流... 2.5A及以上...

附录 C

变压器绕组极性、组别的判别

(参考件)

1 单相变压器绕组极性、组别判别

1.1 直流法试验线路如图 1 所示。

按按钮 K，观察电源接通瞬间电表指针的摆动情况，表针正起为减极性，反起为加极性。

1.2 交流法试验线路如图 2 所示。

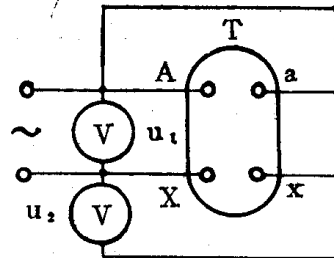
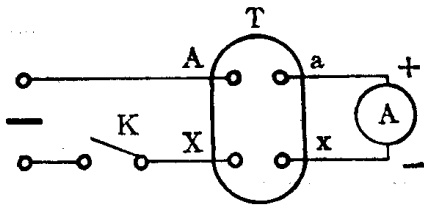


图 1 单相变压器直流法试验接线图

K—有弹性的动合触点，T—被试变压器，
A—直流毫安表也可用毫伏表代替

图 2 单相变压器交流法试验接线图

T—被测变压器 V—交流电压表

施加试验电源，读出电压表的读数 U_1 和 U_2 ，当 U_1 大于 U_2 为减极性，反之为加极性。

2 三相变压器绕组极性组别判别

2.1 直流法试验线路如图 3 所示。

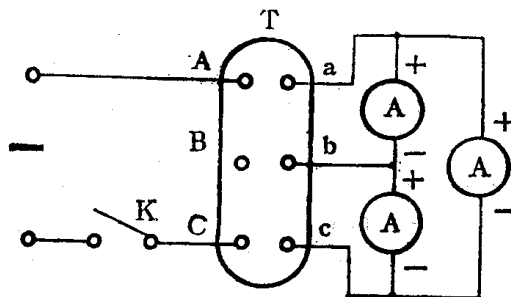


图 3 三相变压器直流法试验线路

K—有弹性的动合触点 T—被试变压器 A—直流毫安表也可用毫伏表代替

按按钮K, 观察电源接通瞬间的摆动情况, 表针正起记“+”反起记“-”, 不动记“0”, 分别记录ab、bc、ac的极性, 然后将试验电源进线依次改接至AB、BC端, 重复上述观察和记录, 将记录结果与表1对照即可获得绕组的极性和组别。

表 1

| 时钟序 | 相角差 | 可能接线法 | 向量图 | 测量端 | 通电端 | | |
|-----|------|-------|-----|-----|---------|---------|---------|
| | | | | | AB (+-) | BC (+-) | AC (+-) |
| 1 | 30° | Y/Δ | | ab | + | 0 | + |
| | | Δ/Y | | bc | - | + | 0 |
| | | Y/Z | | ac | 0 | + | + |
| 2 | 60° | Y/Y | | ab | + | + | + |
| | | Δ/Δ | | bc | - | + | - |
| | | Δ/Z | | ac | - | + | + |
| 3 | 90° | Y/Δ | | ab | 0 | + | + |
| | | Δ/Y | | bc | - | 0 | - |
| | | Y/Z | | ac | - | + | 0 |
| 4 | 120° | Y/Y | | ab | - | + | + |
| | | Δ/Δ | | bc | - | - | - |
| | | Δ/Z | | ac | - | + | - |
| 5 | 150° | Y/Δ | | ab | - | + | 0 |
| | | Δ/y | | bc | 0 | - | - |
| | | Y/Z | | ac | - | 0 | - |
| 6 | 180° | Y/Y | | ab | - | + | - |
| | | Δ/Δ | | bc | + | + | + |
| | | Δ/Z | | ac | - | + | - |

续表 1

| 时钟序 | 相角差 | 可能接线法 | 向量图 | 测量端 | “通”电“端” | | |
|-----|------|-------|-----|-----|------------|------------|------------|
| | | | | | AB (+-) | BC (+-) | AC (+-) |
| 7 | 210° | Y/Δ | | ab | - | 0 | - |
| | | Δ/Y | | bc | + | - | 0 |
| | | Y/Z | | ac | 0 | - | - |
| 8 | 240° | Y/Y | | ab | - | - | - |
| | | Δ/Δ | | bc | + | - | + |
| | | Δ/Z | | ac | + | - | - |
| 9 | 270° | Y/Δ | | ab | 0 | - | - |
| | | Δ/Y | | bc | + | 0 | + |
| | | Y/Z | | ac | + | - | 0 |
| 10 | 300° | Y/Y | | ab | + | - | - |
| | | Δ/Δ | | bc | + | + | + |
| | | Δ/Z | | ac | + | - | + |
| 11 | 330° | Y/Δ | | ab | + | - | 0 |
| | | Δ/Y | | bc | 0 | + | + |
| | | Y/Z | | ac | + | 0 | + |
| 12 | 360° | Y/Y | | ab | + | - | + |
| | | Δ/Δ | | bc | - | + | + |
| | | Δ/Z | | ac | + | + | + |

2.2 交流双电压表法试验线路如图 4 所示。试验时，三相电源不平衡度不应超过 2%。在被试变压器的高压侧施加通常不超过 250V 的试验电源，分别测量 b—B、b—C、c—B 的电压 U_{bB} 、 U_{bC} 、 U_{cB} 并和表 2 中 5、6、7 项值比较，同某一组数值相同时，即被测绕组具有该行所示的时钟序。表 2 中 5、6、7 项的数值，可按下列公式计算。

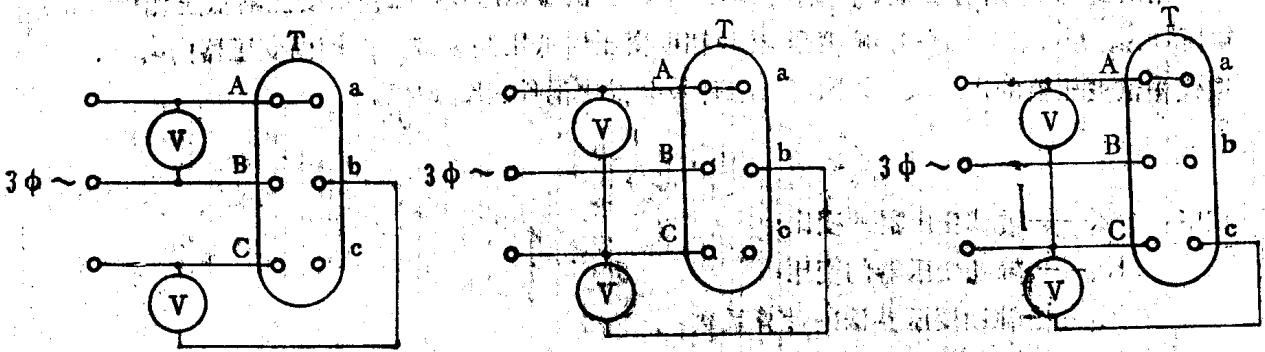


图 4 交流双电压表法试验线路

T—被测变压器 V—交流电压表

$$L = U_2 \sqrt{1 + K + K^2}$$

$$P = U_2 \sqrt{1 + K^2}$$

$$R = U_2 \sqrt{1 + \sqrt{3}K + K^2}$$

$$M = U_2 (K - 1)$$

$$Q = U_2 \sqrt{1 - \sqrt{3}K + K^2}$$

$$T = U_2 (K + 1)$$

$$N = U_2 \sqrt{1 - K + K^2}$$

式中 K——被试变压器变比；

U_2' ——被试变压器低压侧的线电压。

2.3 辅助变压器法试验线路如图 5 所示。

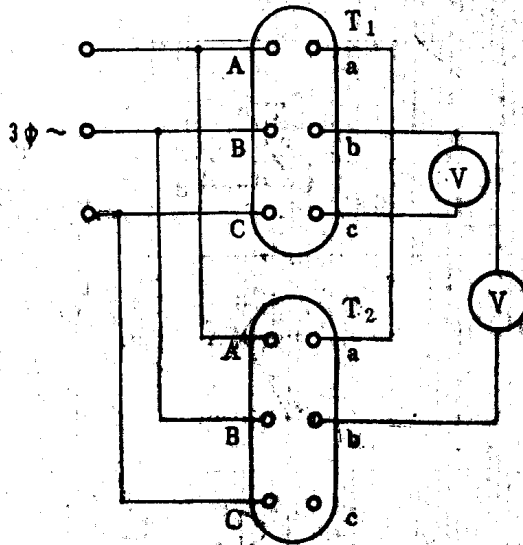


图 5 辅助变压器法试验线路

T₁—被试变压器 T₂—辅助变压器 (Y/Y-12) V—交流电压表

用2.2公式计算并在表2中查找试验结果，但试验电压 U_2' 在被试变压器低压侧读取，电压 U_{bB} 、 U_{bC} 、 U_{cB} 在被测变压器和辅助变压器低压侧读取，以辅助变压器的a、b、c取代被试变压器的A、B、C端。2.2计算公式中的K由 K_2 取代。

$$K_2 = \frac{K}{K_1}$$

式中：
 K——被试变压器的变比；
 K_1 ——辅助变压器的变比；
 K_2 ——辅助变压器法的计算系数。

表 2

| 时钟表 | 相角差 | 可能接线法 | 向量图 | U_{bB} | U_{bc} | U_{cB} |
|-----|-------------|---|-----|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 30° | Y/ Δ Δ /Y Y/Z | | Q | Q | P |
| 2 | 60° | Y/Y Δ / Δ Δ /Z | | N | M | L |
| 3 | 90° | Y/ Δ Δ /Y Y/Z | | P | Q | R |
| 4 | 120° | Y/Y Δ / Δ Δ /Z | | L | N | T |
| 5 | 150° | Y/ Δ Δ /Y Y/Z | | R | P | R |

GY 60—89

续表 2

| 时 钟 表 | 相 位 差 | 可 能 接 线 法 | 向 量 图 | U_{bB} | T_{bc} | U_{cB} |
|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 6 | 180° | Y/Y Δ/Δ Δ/Z | | T | L | L |
| 7 | 210° | Y/ Δ Δ/Y Y/Z | | R | R | P |
| 8 | 240° | Y/Y Δ/Δ Δ/Z | | L | T | N |
| 9 | 270° | Y/ Δ Δ/Y Y/Z | | P | R | Q |
| 10 | 300° | Y/Y Δ/Δ Δ/Z | | N | L | H |
| 11 | 330° | Y/ Δ Δ/Y Y/Z | | Q | P | Q |
| 12 | 360° | Y/Y Δ/Δ Δ/Z | | M | N | N |

附加说明：

本标准由广播电影电视部技术局提出。

本标准由广播电影电视部无线电台管理局负责起草。

本标准主要起草负责人 魏琳。